

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-066232

(43)Date of publication of application : 05.03.2003

(51)Int.Cl.

G02B 5/30
G02B 5/18
G02B 27/28
G02F 1/061
G02F 1/1335
G02F 1/31

(21)Application number : 2001-254700

(71)Applicant : ASAHI GLASS CO LTD

(22)Date of filing : 24.08.2001

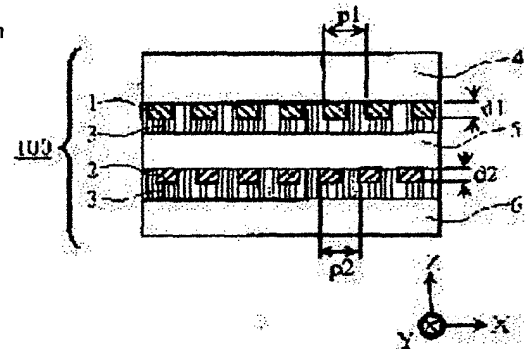
(72)Inventor : OI YOSHIHARU

(54) MULTILAYER DIFFRACTION POLARIZER AND COMPOSITE LIQUID CRYSTAL ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an isolator having a high extinction ratio.

SOLUTION: Birefringent material layers formed on light transmitting substrates 4, 5 are processed to produce gratings 1, 2, respectively, each having a periodical structure of projections and recesses in the cross sections. The recesses in the gratings 1, 2 are filled with an isotropic transparent material 3 having a refractive index equal to the refractive index for ordinary rays of the birefringent material layers so as to constitute polarizing gratings. The polarizing gratings and a light transmitting substrate 6 are stacked to obtain a multilayer diffraction type polarizer 100 which is used as an isolator.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2003-66232

(P 2003-66232 A)

(43) 公開日 平成15年3月5日 (2003. 3. 5)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号		F I		テーマコード [*] (参考)	
G O 2 B	5/30		G O 2 B	5/30		2H049
	5/18			5/18		2H079
	27/28			27/28	A	2H091
G O 2 F	1/061	5 0 5	G O 2 F	1/061	5 0 5	2H099
	1/1335			1/1335		2K002
審査請求	未請求	請求項の数 4	O L		(全 8 頁)	最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-254700 (P2001-254700)

(22) 出願日 平成13年8月24日 (2001. 8. 24)

(71) 出願人 000000044

旭硝子株式会社

東京都千代田区有楽町一丁目12番1号

(72) 発明者 大井 好晴

福島県郡山市待池台1-8 郡山西部第二工業団地 旭硝子郡山電材株式会社内

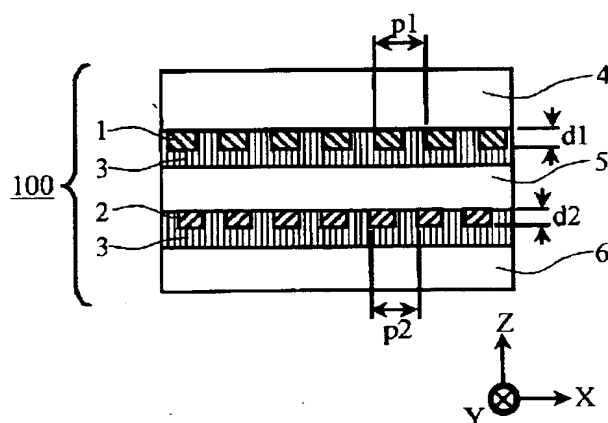
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複層回折型偏光子および複合型液晶素子

(57) 【要約】

【課題】 消光比の高いアイソレータを得る。

【解決手段】 透光性基板 4、5 上に形成された複屈折性材料層を加工して、断面形状が凹凸状の周期構造を有する回折格子 1、2 をそれぞれ作製し、回折格子 1、2 の凹部に複屈折性材料層の常光屈折率に等しい屈折率を有する等方性透明材料 3 を充填して偏光性の回折格子を構成して、それぞれの偏光性の回折格子と透光性基板 6 とを積層して複層回折型偏光子 100 を得て、アイソレータとして用いる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】第 1 の偏光方向を有する入射光に対しては回折格子として作用せず直進透過し、第 1 の偏光方向と直交する第 2 の偏光方向を有する入射光に対しては回折格子として作用して回折する、複屈折性材料を備える偏光性の回折格子を、少なくとも 2 つ積層したことを特徴とする複層回折型偏光子。

【請求項 2】偏光性の回折格子が下記のものである請求項 1 に記載の複層回折型偏光子。

偏光性の回折格子：透光性基板上に形成された常光屈折率 n_o および異常光屈折率 n_e ($n_o \neq n_e$) の複屈折性材料層が、その断面形状を段差 d の周期的な凹凸状に加工されており、また、少なくとも凹部には屈折率が n_o または n_e に等しい等方性透明材料が充填されており、さらに、リタレーション値 $|n_e - n_o| \times d$ が入射光の波長 λ の $(m+1/2)$ 倍 (m は 0 または正の整数) である。

【請求項 3】前記偏光性の回折格子における格子長手方向または格子ピッチが、各偏光性の回折格子でそれぞれ異なる請求項 1 または 2 に記載の複層回折型偏光子。

【請求項 4】前記偏光性の回折格子における段差 d が、各偏光性の回折格子でそれぞれ異なる請求項 1、2 または 3 に記載の複層回折型偏光子。

【請求項 5】電極付き透光性基板間に液晶層が挟持されてなる液晶セルの少なくとも一方の透光性基板表面に、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の複層回折型偏光子が積層されている複合型液晶素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複層回折型偏光子および複合型液晶素子に関し、特に光通信用のアイソレータとして用いられる複層回折型偏光子および可変アッテネータとして用いられる複合型液晶素子に関する。

【0002】

【従来の技術】CD、DVD など光ディスクの情報読み出し用光ヘッド装置において、例えば図 10 に示す偏光性の回折格子 400 が偏光ビームスプリッタとして用いられている。透光性基板 4 であるガラス基板の片面に、常光屈折率 n_o および異常光屈折率 n_e ($n_o \neq n_e$) を有する複屈折性材料層で回折格子 1 を形成し、断面形状が凹凸状で段差 d の周期構造となるようにする。

【0003】周期構造の凹凸部を埋めるように常光屈折率 n_o とほぼ等しい屈折率 n_s の等方性透明材料 3 を充填し、透光性基板 5 であるガラス基板を等方性透明材料 3 に重ねて偏光性の回折格子 400 を形成する。ここで、 $|n_e - n_o| \times d$ が入射光の波長 λ の半分とすることにより、常光偏光 (常光屈折率を与える偏光方向) の入射光は回折されずに直進透過し、異常光偏光 (異常光屈折率を与える偏光方向) の入射光は回折されて直進透過しない、偏光性の回折格子となる。

【0004】このような偏光性の回折格子を、波長帯域 1400~1700 nm の光通信用のアイソレータとして使用したとき、消光比が充分得られない問題があった。すなわち、特定の単一波長 λ_o に着目すると、直進透過する第 1 の直線偏光 (例えば常光偏光) の光量を I_1 、第 1 の直線偏光と直交する偏光方向を有する第 2 の直線偏光 (異常光偏光) の回折されずに直進透過する光量を I_2 とするとき、比率 I_2/I_1 (以下、消光比という) が -20 dB 以下となる。しかし、異常光偏光の直進透過光の透過率は $\cos^2(0.5 \times \pi \times \lambda_o / \lambda)$ で記述されるため、波長 λ が λ_o と異なるほど入射光に対しては回折されないで直進透過する成分が発生し消光比が劣化する。

【0005】また、特定の単一波長に対して高い消光比を実現するためには、凹凸状の周期構造の段差 d を正確に加工する必要がある、再現性よく消光比の高い偏光性の回折格子を得ることは困難であった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上述の実情に鑑み、安定して高い消光比が実現できる複層回折型偏光子およびそれを用いた複合型液晶素子を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、第 1 の偏光方向を有する入射光に対しては回折格子として作用せず直進透過し、第 1 の偏光方向と直交する第 2 の偏光方向を有する入射光に対しては回折格子として作用して回折する複屈折性材料を備える偏光性の回折格子を、少なくとも 2 つ積層したことを特徴とする複層回折型偏光子を提供する。

【0008】また、電極付き透光性基板間に液晶層が挟持されてなる液晶セルの少なくとも一方の透光性基板表面に、上記の複層回折型偏光子が積層されている複合型液晶素子を提供する。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明は、第 1 の偏光方向を有する入射光に対しては回折格子として作用せず直進透過し、第 1 の偏光方向と直交する第 2 の偏光方向を有する入射光に対しては回折格子として作用して回折する複屈折性材料を備える偏光性の回折格子を得て、この偏光性の回折格子を 2 つ以上積層した複層回折型偏光子である。このように構成することにより、消光比を高くする効果を生ずる。

【0010】【第 1 の実施態様】図 1 は本発明の複層回折型偏光子の構成の第 1 の実施態様を示す側面図である。透光性基板 4 および透光性基板 5 のそれぞれの片面に、常光屈折率 n_o および異常光屈折率 n_e ($n_o \neq n_e$) の複屈折性材料層を、その進相軸 (常光屈折率を示す方向) が図 1 の X 軸方向に揃うように形成する。次に複屈折性材料層を、断面形状が段差 d_1 かつ格子ピッチ

p_1 の凹凸状の周期構造を有する回折格子 1 と、断面形状が段差 d_2 かつ格子ピッチ p_2 の凹凸状の周期構造を有する回折格子 2 とに加工する。

【0011】その後、少なくともそれぞれの凹部に屈折率 n_s (常光屈折率 n_o または異常光屈折率 n_e に等しい) の等方性透明材料 3 を充填して偏光性の回折格子を透光性基板 4 および透光性基板 5 上に形成した後、透光性基板 4 と透光性基板 5 と透光性基板 6 とを積層して、複層回折型偏光子 100 とする。ここで、少なくともそれぞれの凹部という意味は、凹部のみを充填してもよいし、凹凸部を埋めるように充填してもよい。なお等方性透明材料とは、屈折率が等方的な透明材料のことである。格子凹部の溝方向である格子長手方向は、透光性基板 4 と透光性基板 5 との間で、平行であってもよいし、直交していてもよいし、所定の角度をなしていてもよい。回折格子により発生する回折光は格子長手方向に直交する方向であるため、回折格子 1 と回折格子 2 の格子長手方向を所定の角度とすることにより回折光を所望の方向に発生させることができる。

【0012】ここで、例えば屈折率 n_s が常光屈折率 n_o とほぼ等しい等方性透明材料 3 を用い、リタレーション値 $|n_o - n_s| \times d_1$ および $|n_o - n_s| \times d_2$ が入射光の波長の $(m+1/2)$ 倍 (m は 0 または正の整数) となる段差 d_1 および d_2 とすることが次の理由により好ましい。その理由とは、第 2 の偏光方向を有する入射光に対する直進透過光の光量比が最小となり、高い消光比が得られるためである。ここで、 $(m+1/2)$ 倍とは、 $(m+1/2)$ の $\pm 10\%$ 以内の倍率変化を含んでいてもよく、本発明における効果は変わらない。

【0013】このような複層回折型偏光子 100 に、異常光偏光 (S 偏光) が入射した場合、図 2 に示すように本発明における回折格子 1 および回折格子 2 からなるそれぞれの偏光性の回折格子は、凹凸状の周期構造により屈折率 n_o と屈折率 n_s の位相変調型回折格子として作用し回折光が発生する。以下において、回折格子 1 とは、回折格子 1 からなる偏光性の回折格子 1 を意味し、回折格子 2 についても同様である。

【0014】複層回折型偏光子において、回折効率の波長依存性を抑制できるようにし、かつ加工段差を浅くできるようにするため、リタレーション値 $|n_o - n_s| \times d_1$ および $|n_o - n_s| \times d_2$ は出射光の波長の $1/2$ 倍 ($m=0$ に相当) とすることが好ましい。ここでも上述のように、 $1/2$ 倍の $\pm 10\%$ 以内の倍率変化を含んでいてもよい。すなわち、 $0.55 \sim 0.45$ の範囲の倍率であればよい。

【0015】ここで、回折格子 1 で回折されずに直進透過した異常光偏光 (S 偏光) の一部は回折格子 2 で回折されるため、複層回折型偏光子 100 を直進透過する異常光偏光は極めてわずかとなる。

【0016】一方、複層回折型偏光子 100 に常光偏光 (P 偏光) が入射した場合、図 3 に示すように本発明における回折格子 1 および回折格子 2 は、凹凸状の周期構造を有していても屈折率 n_s の媒質と同等となり、入射光は回折されずに直進透過する。

【0017】したがって、常光偏光の透過率が 90% 以上で、常光偏光の偏光方向と直交する偏光方向を有する異常光偏光の透過率が 5% 以下である回折格子 1 と回折格子 2 とを積層することにより、異常光偏光の入射光においては直進透過光が入射光の 0.5% 以下である複層回折型偏光子が得られる。

【0018】ここで、図 4 の 2 種の回折格子パターンおよび図 1 に示すように、回折格子 1 を格子ピッチ p_1 で格子長手方向の角度が X 軸に対して θ_1 の直線格子とし、回折格子 2 を格子ピッチ p_2 で格子長手方向の角度が X 軸に対して θ_2 の直線格子とする。

【0019】一般に回折格子 1 で回折された光が回折格子 2 でも回折されて、直進透過光に重畳すると結果的に直進透過光成分が増加して消光比が劣化する。しかし、格子ピッチ p_1 と格子ピッチ p_2 が異なるように、または格子長手方向の角度 θ_1 と角度 θ_2 とが異なるようにすれば、このような消光比の変化を防げる。すなわち、構成要素である各回折格子の格子ピッチまたは格子長手方向が一致しないように設定することが、回折格子 1 と回折格子 2 との多重回折光が直進透過光に重畳せず、消光比の劣化を招かず好ましい。たとえそれぞれの回折格子の段差 d_1 と d_2 とが同じであっても、 p_1 と p_2 、または θ_1 と θ_2 とが異なっていれば、消光比は劣化しない。

【0020】図 5 は本発明の複層回折型偏光子 100 を用いて、消光比の高いアイソレータとする場合の光学系構成の一例を示す側面図である。複層回折型偏光子 100 に常光偏光と異常光偏光とが混在した平行光が入射し、出射側に集光レンズ 7 を配置した場合、複層回折型偏光子 100 を直進透過した常光偏光は集光レンズ 7 の光軸上の焦点面に集光される。一方、複層回折型偏光子 100 で回折された異常光偏光は集光レンズ 7 の光軸外の焦点面に集光される。

【0021】したがって、集光レンズ 7 の光軸上の焦点面に開口部を有する開口絞り 8 を配置することにより、常光偏光のみを透過し異常光偏光を遮断するアイソレータとなる。ここで、開口絞り 8 の代わりに開口部に相当する受光部を有する光検出器を配置することにより常光偏光の成分のみを検出できる。また、光伝送用の光ファイバーのコア部を開口部の代わりに配置すれば常光偏光のみを伝送できる。

【0022】図 4 に示す、格子長手方向の角度 θ_1 で格子ピッチ p_1 の回折格子 1 と格子長手方向の角度 θ_2 で格子ピッチ p_2 の回折格子 2 において、 $\theta_1 = \theta_2 = 0^\circ$ とし、 p_2 を p_1 の 2 倍とした場合、図 5 の集光レン

ズ 7 の焦点面に発生する直進透過光と回折光の集光位置の一例を図 6 に示す。

【0023】常光偏光（P 偏光）は回折格子 1 および回折格子 2 により回折されず（0 次回折光がさらに、0 次回折光となって）光軸上の◎で示される位置に集光される。これを、0 次×0 次と表現する。また、回折格子 1 および回折格子 2 により、同じ符号でかつ同じ次数の光として回折された（±1 次回折光がさらに回折されて、それぞれ±1 次回折光となった）異常光偏光（S 偏光）は△または▽で示される位置に集光される。これを、1 次×1 次、-1 次×-1 次と表現する。以下、同様である。また、回折格子 1 により±1 次光として回折されるが、回折格子 2 により回折されずに 0 次回折光となった異常光偏光はで示される位置に集光される。

【0024】また、回折格子 2 により±1 次光として回折されるが、回折格子 1 により回折されない（0 次回折光）異常光偏光と、回折格子 1 および回折格子 2 により異なる符号でかつ、異なる次数で回折された（+1 次回折光が回折されて、-1 次回折光となる、または-1 次回折光が回折されて+1 次回折光となる）異常光偏光は□で示される位置に集光される。

【0025】異常光偏光の回折方向は回折格子 1 と回折格子 2 の格子長手方向の角度 θ_1 、 θ_2 により定まり、回折光の集光位置の光軸からの距離は入射光の波長、格子ピッチ p_1 、 p_2 および集光レンズ 7 の焦点距離により定まる。

【0026】〔第 2 の実施態様〕次に、回折格子 1 と回折格子 2 を構成する複屈折性材料層の段差 d_1 と d_2 とを異なるようにすることが好ましい。さらに、入射光の波長が $\lambda_1 \sim \lambda_2$ の範囲にあるとき波長 λ_1 、 λ_2 と、複屈折性材料層の常光屈折率と異常光屈折率との差 Δn との比、 $\lambda_1 / (2 \times \Delta n)$ と $\lambda_2 / (2 \times \Delta n)$ との間に d_1 および d_2 が存在することが好ましい。このように構成することが広い波長帯域の入射光に対しても比較的高い消光比が得られる。

【0027】この本発明の複層回折型偏光子における第 2 の実施態様について説明する。本態様の複層回折型偏光子に波長 λ の異常光偏光が入射した場合、回折格子 1 および回折格子 2 によって回折されない直進透過光（0 次回折光）の透過率 η_0 は、 $\eta_0 = (\cos(\phi/2))^2$ により近似的に記述される。ここで、 $\phi = 2 \times \pi \times \Delta n \times d / \lambda$ 、 $\Delta n = |n_o - n_s| > 0$ で、 n_o と n_s はほぼ等しく、また、回折格子 1 では $d = d_1$ 、回折格子 2 では $d = d_2$ とする。

【0028】入射光の波長が $\lambda_1 \sim \lambda_2$ の範囲にあるとき、この波長帯域で高い回折効率を実現するためには、 d_1 および d_2 を $\lambda_1 / (2 \times \Delta n)$ と $\lambda_2 / (2 \times \Delta n)$ との間の異なる値とすることが有効である。入射光の波長が 1400～1700 nm の範囲にあるとき、 $\Delta n = 0.15$ の複屈折性材料を用いて凹凸状の周期構造

を形成し、段差を $d_1 = 4.8 \mu\text{m}$ および $d_2 = 5.5 \mu\text{m}$ とした場合、異常光偏光の直進透過率 η_0 の波長依存性を計算した結果を図 7 に示す。なお、 $\lambda_1 / (2 \times \Delta n) = 4.67 \mu\text{m}$ 、 $\lambda_2 / (2 \times \Delta n) = 5.67 \mu\text{m}$ であり、 d_1 および d_2 はその間の値となっている。

【0029】図 7 において、単体の回折格子 1 および回折格子 2 に対する異常光偏光の直進透過率 η_0 をそれぞれ△と□とで、複層回折型偏光子 100 全体の異常光偏光の直進透過率 η_0 を○で表わした。常光偏光の入射光はほとんど回折されず、入射光の 90% 以上が直進透過するため、1400～1700 nm の波長帯域で -35 dB 以下の消光比を有するアイソレータとなる。

【0030】なお、本発明の複層回折型偏光子 100 を直列にさらに積層することにより、いっそう高い消光比が得られる。

【0031】〔第 3 の実施態様〕次に、図 8 に複層回折型偏光子 110 および 120 を液晶セル 130 と組み合わせた本発明の第 3 の実施態様である複合型液晶素子の構成例の側面図を示す。液晶セル 130 は、基板片面に例えば ITO からなる透明電極膜 71、72 および配向処理された例えばポリイミドからなる配向膜（図示せず）がそれぞれ形成された透光性基板 61 と透光性基板 62 とを用い、液晶分子の配向方向が揃った例えばネマティック液晶の液晶層 9 がシール材 10 によりセル化封入されて構成されている。

【0032】図 8 に示すように、電極付き透光性基板間に液晶層が挟持されてなる液晶セルの少なくとも一方の透光性基板表面に、上記の実施態様で説明した複層回折型偏光子が積層されている複合型液晶素子構成とすることは、素子の小型化および安定した消光比が得られるため好ましい。

【0033】ここで、透明電極膜 71、72 には外部交流電源 11 より例えば、矩形波状の交流電圧が印加される。また、配向膜の配向処理方向を図 8 の X 軸方向とすることで、電圧無印加時に液晶分子が液晶セル 130 内で基板面に対して平行でかつ、X 軸方向に配向する。液晶分子の常光屈折率 n_o （LC）と異常光屈折率 n_s （LC）との差を Δn （LC）とすると、液晶層の厚さ d （LC）を入射光の波長 λ に対して、 Δn （LC） $\times d$ （LC） $= \lambda / 2$ としている。

【0034】また、液晶セル 130 に透明接着剤（図示せず）などを用いて接合された複層回折型偏光子 110 および 120 は、上記の第 1 および第 2 の実施形態で説明した複層回折型偏光子であり、各複層回折型偏光子を構成する複屈折性材料層の進相軸方向（常光屈折率を与える方向）が図 8 の XY 平面内で X 軸方向に対して、複層回折型偏光子 110 では 45° の角度をなすように、複層回折型偏光子 120 では 135° の角度をなすように形成されている。すなわち、複層回折型偏光子 110

の2つの回折格子は直線状格子であり、その格子長手方向はX軸方向に対していずれも 45° の角度をなし、複層回折型偏光子120の2つの回折格子も直線状格子で、その格子長手方向はいずれもX軸方向に対して 135° の角度をなしている。

【0035】このような構成の複合型液晶素子200に波長 λ の光が複層回折型偏光子110側から入射すると、偏光方向がX軸と 45° の角度をなす第1の直線偏光は、複層回折型偏光子110により回折されずに透過し、偏光方向がX軸と 135° の角度をなす第2の直線偏光は、複層回折型偏光子110により回折されて透過し、それぞれ液晶セル130に入射する。

【0036】液晶セル130への電圧無印加時には、第1および第2の入射直線偏光に対して液晶セル130は位相差 π の位相板として作用する。すなわち、 $1/2$ 波長板として作用するため、複層回折型偏光子110により回折されない直進透過光はX軸と 135° の角度をなす直線偏光に変換され、複層回折型偏光子110により回折された透過光はX軸と 225° の角度をなす直線偏光に変換される。

【0037】その結果、複層回折型偏光子110により回折されない直進透過光は複層回折型偏光子120に常光偏光として入射するため、回折されずに直進透過する。一方、複層回折型偏光子110により回折された光は複層回折型偏光子120に異常光偏光として入射するため、回折される。したがって、複合型液晶素子200への入射光のうち、第1の直線偏光は回折されずに直進透過し、第1の直線偏光の偏光方向に直交する偏光方向を有する第2の直線偏光は回折されて出射する。ここで、複層回折型偏光子110を構成する回折格子と複層回折型偏光子120を構成する回折格子の格子長手方向とは異なるため、発生する多重回折光は直進透過する光軸上の光に重畳しない。

【0038】また、液晶セル130への電圧印加時には、透明電極71、72に電圧が印加されるため、液晶セル130内の液晶分子のダイレクター（異常光屈折率 n_o 。(LC)）が基板面に対して垂直方向に揃う。したがって、液晶層は入射光の偏光方向に関係なくほぼ均一な常光屈折率 n_o 。(LC)層として作用するため、入射光は位相差変化を生じず偏光状態を保ったまま出射する。

【0039】その結果、複層回折型偏光子110により回折されない直進透過光は複層回折型偏光子120に異常光偏光として入射するため回折される。一方、複層回折型偏光子110により回折された透過光は複層回折型偏光子120に常光偏光として入射するため回折されない。したがって、複合型液晶素子200への入射光の、第1の直線偏光および第2の直線偏光のいずれも回折されて出射する。すなわち、入射光はその偏光状態にかかわらず回折され、直進透過する光軸上には存在しない。

【0040】したがって、液晶セル130に印加する電

圧をオン・オフすることにより直進透過光と回折光とを分離する図5に示す。図5において複層回折型偏光子100の代わりに複合型液晶素子200を配置することにより、消光比の高い偏光性のスイッチング素子可以实现できる。また、印加電圧をオン・オフせずに、所定の大きさの電圧を設定することにより特定偏光方向の直進透過光量を所望の大きさに調整できるため、電圧可変アッテネータとして機能する。

【0041】図9に複層回折型偏光子120と液晶セル130とを組み合わせた複合型液晶素子300の他の構成例を示す。複合型液晶素子300の光入射側に、偏光分離膜12と全反射ミラー13が形成されたプリズムに $1/2$ 波長板14が接合された偏光変換素子15が配置されている。

【0042】偏光変換素子15に入射する2つの直線偏光のうち、一方の直線偏光は偏光分離膜12を透過し、偏光方向が直交する他方の直線偏光は偏光分離膜12と全反射ミラー膜13により反射された後 $1/2$ 波長板14により偏光面（偏光方向）が 90° 回転し、一方と同じ偏光方向を有する直線偏光となって複合型液晶素子300に入射する。その結果、入射光の偏光状態にかかわらず挿入損失の少ないスイッチング素子やアッテネータが実現できる。

【0043】本実施態様では液晶セルの液晶分子の配向方向を平行としたが、透光性基板61と透光性基板62のそれぞれの配向膜の配向処理方向を特定の角度をなすようにすることにより、液晶層の厚さ方向の軸の回りに液晶分子の配向がツイストした構造としてもよい。また、配向膜の配向処理方法と液晶材料との選択により、液晶分子の配向方向が一方の透光性基板面に対して垂直で、他方の透光性基板面に対して平行となるいわゆるハイブリッド配向構造としてもよい。

【0044】また、本実施態様では複層回折型偏光子110と複層回折型偏光子120の複屈折性材料層の進相軸が互いに直交する構成としたが、互いに平行な構成としてもよい。この場合、直進透過光の透過率が液晶セルへの電圧非印加時に最小で、電圧印加時に最大となる。また、液晶セルの透明電極膜71、72をパターンニングして各パターン電極に独立に電圧を印加することにより、パターンニング形状に応じた直進透過光の空間的な透過率を調整できる。

【0045】

【実施例】本実施例の複層回折型偏光子について、図1を用いて説明する。ガラス基板からなる透光性基板4および透光性基板5のそれぞれの片面上に、複屈折性材料層として常光屈折率 $n_o = 1.55$ および異常光屈折率 $n_e = 1.70$ の高分子液晶層を形成し、フォトリソグラフィとエッチングの技術により直線状の回折格子1、2を形成した。回折格子1と2の格子ピッチ p_1 、 p_2 はそれぞれ $20\mu m$ と $40\mu m$ とし、それぞれの格

子長手方向は平行とし、回折格子 1 と 2 の高分子液晶層のそれぞれの凹部深さ、すなわち段差 d_1 および d_2 をそれぞれ $4.8 \mu\text{m}$ および $5.6 \mu\text{m}$ とした。

【0046】さらに、屈折率 $n_s = 1.55$ の均質透明樹脂からなる等方性透明材料 3 を高分子液晶層の凹凸状に加工された凹部に充填し、ガラス基板からなる透光性基板 6 を積層して、回折格子 1 からなる偏光性の回折格子と回折格子 2 からなる偏光性の回折格子とが積層された複層回折型偏光子 100 を作製した。ここで高分子液晶層は、配向膜（配向処理済み）が形成された基板間に液晶モノマーの溶液を注入し、紫外線を照射して液晶モノマーを重合固化することにより作製した。また、透光性基板 4 および透光性基板 6 と、空気との界面には反射防止膜が形成されている。

【0047】このようにして得られた複層回折型偏光子 100 に波長が $1400 \sim 1700 \text{ nm}$ 帯域の平行光を入射したところ、常光偏光はほとんど回折されず入射光の 97% が直進透過し、偏光方向が常光偏光と直交する異常光偏光はほとんど回折され 0.05% 以下が直進透過した。図 5 に示すように集光レンズ 7 を用いて複層回折型偏光子 100 の透過光を焦点面に集光し、光軸上の直進透過光のみが光ファイバのコア部（図示せず）に結像するようにした。その結果、 $1400 \sim 1700 \text{ nm}$ の波長帯域で、異常光偏光の常光偏光に対する消光比が -30 dB 以下の高い消光比を有するアイソレータとなった。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の複層回折型偏光子は、広い波長帯域の入射光に対して高い消光比を有するので、本発明の複層回折型偏光子を用いることにより、高性能のアイソレータが得られる。

【0049】さらに、この複層回折型偏光子と液晶セルを一体化した本発明の複合型液晶素子は、液晶セルに印加する電圧をオン・オフすることにより高い消光比を有するスイッチング動作が実現できるため、本発明の複合型液晶素子を用いることにより、高性能のスイッチング素子が得られる。また、印加する電圧を所定の大きさに設定することにより、特定偏光方向の直進透過光量を所望の大きさに調整できるため、本発明の複合型液晶素子を用いることにより、高性能の電圧可変アッテネータが

得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施態様の複層回折型偏光子の構成例を示す側面図。

【図 2】図 1 に示す複層回折型偏光子に異常光偏光が入射した場合の作用を示す側面図。

【図 3】図 1 に示す複層回折型偏光子に常光偏光が入射した場合の作用を示す側面図。

【図 4】図 1 に示す複層回折型偏光子を構成する 2 種の回折格子パターンの一例を示す平面図。

【図 5】図 1 に示す複層回折型偏光子が直進透過光と回折光とを分離する光学系を構成する一例を示す側面図。

【図 6】図 1 に示す複層回折型偏光子を透過した光の、集光レンズの焦点面における直進透過光と回折光の集光位置の一例を示す平面図。

【図 7】本発明の複層回折型偏光子における異常光偏光透過率の波長依存性（計算値）の一例を示すグラフ。

【図 8】本発明の第 3 の実施態様の複合型液晶素子の構成例を示す側面図。

【図 9】本発明の複合型液晶素子の他の構成例を示す側面図。

【図 10】従来の複層回折型偏光子の構成例を示す側面図。

【符号の説明】

1、2：偏光性の回折格子

3：等方性透明材料

4、5、6、61、62：透光性基板

7：集光レンズ

8：開口絞り

9：液晶層

10：シール材

11：外部交流電源

12：偏光分離膜

13：全反射ミラー

14： $1/2$ 波長板

15：偏光変換素子

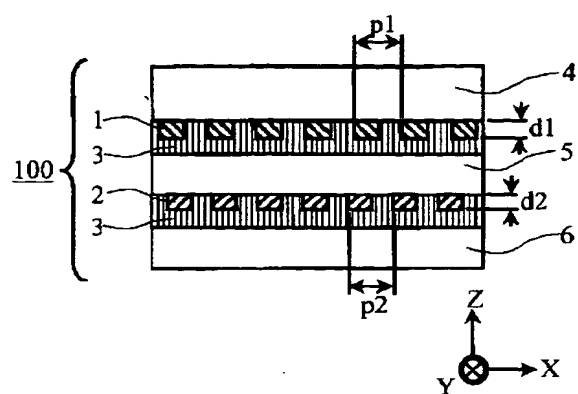
71、72：透明電極膜

100、110、120、300：複層回折型偏光子

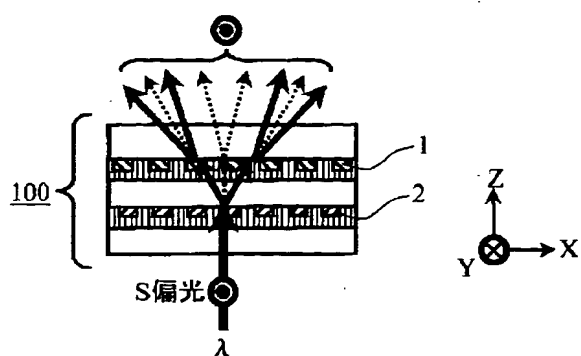
130：液晶セル

200：複合型液晶素子

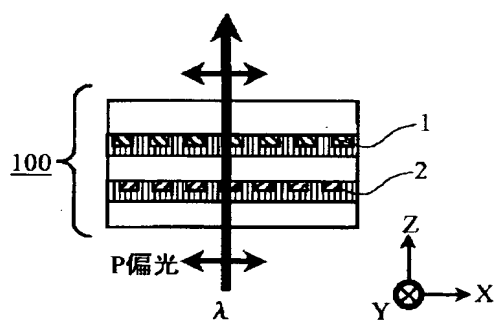
【図1】



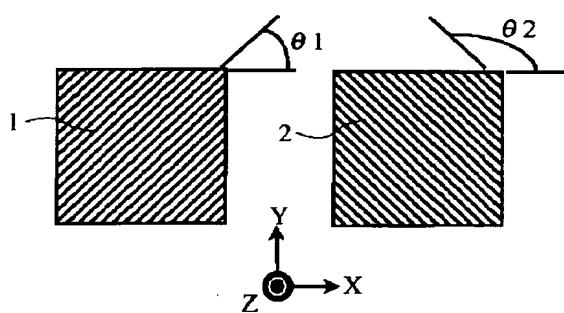
【図2】



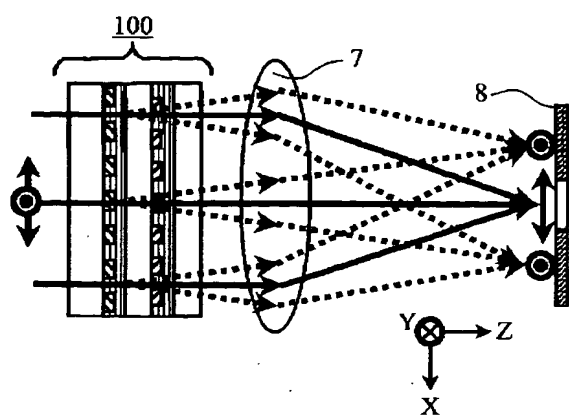
【図3】



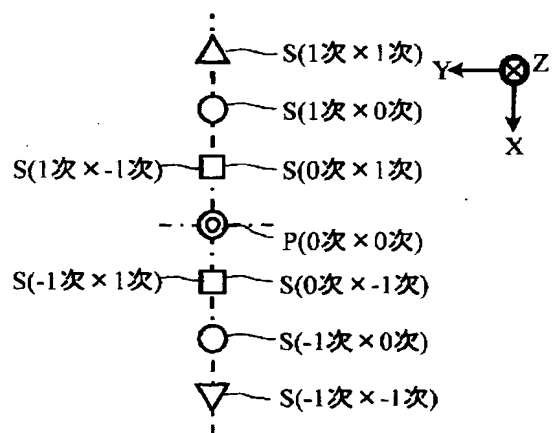
【図4】



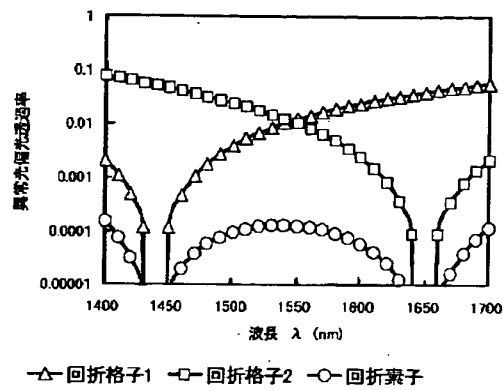
【図5】



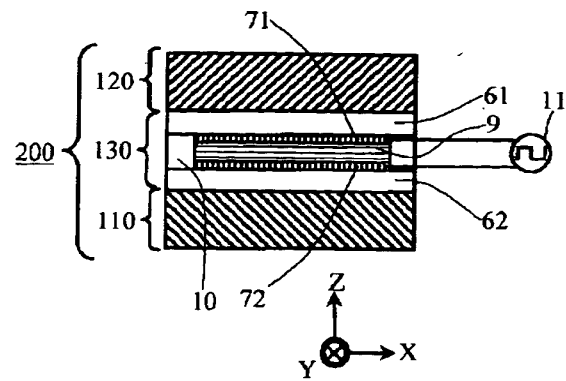
【図6】



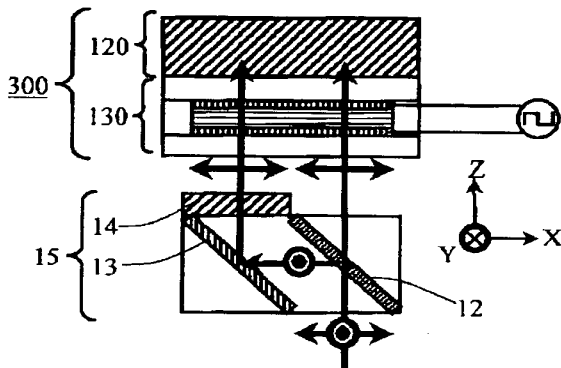
【図 7】



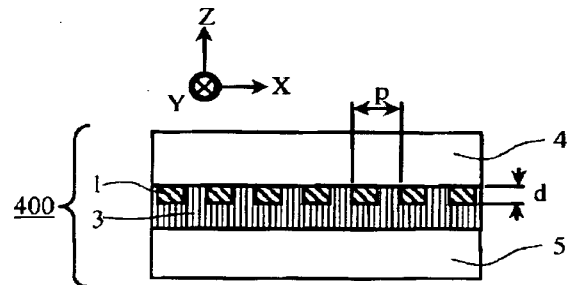
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7
G 0 2 F 1/1335
1/31

識別記号
5 1 0

F I
G 0 2 F 1/1335
1/31

テーマコード(参考)

5 1 0

F ターム(参考) 2H049 AA03 AA13 AA37 AA43 AA45
AA50 AA59 AA64 BA05 BA42
BA45 BA47 BB03 BC25
2H079 AA02 BA02 CA05 CA06 CA08
DA08 EA13 EB17 KA08
2H091 FA07X FA07Z FA19X FA19Z
FB02 LA17
2H099 AA01 AA05 BA02 CA00 CA17
2K002 AA02 AB04 BA06 CA14 DA02
DA14 EA11 EB04 EB08 HA04